

1/9/1
DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

010837477 **Image available**
WPI Acc No: 1996-334430/*199634*
XRPX Acc No: N96-281852

Optical waveguide transmission of nonlinear signals - is altered with
nonlinear characteristic of vacuum triode, and changing refractive index
of waveguide as light travels through

Patent Assignee: SIEMENS AG (SIEI)

Inventor: ZIRWAS W

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 4442655	A1	19960718	DE 4442655	A	19941130	199634 B

Priority Applications (No Type Date): DE 4442655 A 19941130

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 4442655	A1		5	H04B-010/04	

Abstract (Basic): DE 4442655 A

Optical signals in the gigabyte range are generated and transmitted
by modulating a coherent optical signal with an electrical signal. The
electrical signal is first altered along a non-linear characteristic
line (NL). The modulated optical signal is transmitted via an optical
waveguide (LWL) so as to cause changes in the refractive index of the
waveguide and thus deformations in the optical pulses.

The signal flanks are raised so that the signal has a desired
characteristic at the end of the transmission path. Differential phase
shift modulation (DPSK) is used. The non-linear characteristic is that
of a vacuum triode, and a Mach-Zender interferometer (MZI) is used for
modulation.

USE/ADVANTAGE -High bit rate optical data transmission. Can be used
for Gbit/s bit rates.

Dwg.1/6

Title Terms: OPTICAL; WAVEGUIDE; TRANSMISSION; NONLINEAR; SIGNAL; ALTER;
NONLINEAR; CHARACTERISTIC; VACUUM; TRIODE; CHANGE; REFRACT; INDEX;
WAVEGUIDE; LIGHT; TRAVEL; THROUGH

Derwent Class: V07; W01; W02

International Patent Class (Main): H04B-010/04

International Patent Class (Additional): H04B-010/12

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): V07-K01A; W01-A07E; W01-A09B; W02-C04A1A; W02-C04A7
; W02-C04B1A

Best Available Copy

This Page Blank (uspto)



71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Zirwas, Wolfgang, Dipl.-Ing., 82194 Gröbenzell, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 26 24 365 B2
DE 22 34 445 B2
DE 23 42 345 A1

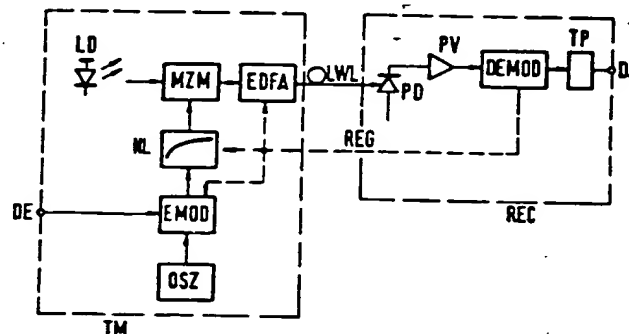
UNGER H.G., Optische Nachrichtentechnik, Teil I,
2.Aufl., 1990, ISBN 3-7785-1752-X, S.209-220, insbes.
Bild 6.3 »Dispersion«;
dito, Teil I, 2.Aufl., 1990, ISBN 3-7785-1752-X, wegen
Bild 1.7 auf S.36 (S.34-38);
UNGER H.G., Optische Nachrichtentechnik, Teil II,
2.-Aufl. 1992, Hüthig-Verlag Heidel- berg.

ISBN 3-7785-1926-3, S.398 (§ 9.7 Nicht- lineare
Effekte in Lichtwellenleitern bis 401);
dito, S.617 »Heterodynempfang« bis S.619,
insbes. 618;
WEBER, HERZIGER: Laser-Grundlagen und
Anwendun- gen, Physik-Verlag Weinheim, 1978,
ISBN 3-87664-4, S.157 Nichtlineare Optik-171;
MEINKE-GUNDLACH, Hochfrequenztechnik, 4.Aufl.,
Springer Verlag Berlin...1986, Kap. R., S. R7 bis 9,
Bild 9: Pre-Emphase Bauteil (nichtlineare Kennlinie);
UNGER H.G., Optische Nachrichtentechnik, Teil I,
2.Aufl., 1990, ISBN 3-7785-1752-X, S.21, Gdg.1.19;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Lichtwellenleiterübertragung nichtlinear geformter Signale

57 Bei der Übertragung optischer Signale mit Gigabitraten
wird die maximale Reichweite durch die Dispersion der
Lichtwellenleiterstrecke und bei hohen optischen Leistungen
durch die Selbstphasenmodulation begrenzt. Erfindungsge-
mäß wird die Signalformung durch diese beiden Effekte zur
Erhöhung der Reichweite ausgenutzt, in dem das elektrische
Übertragungssignal vor der elektro-optischen Umformung
an einer nichtlinearen Kennlinie, die die Form der Begrenzer-
kennlinie einer Vakuumtriode aufweist, gezielt verformt wird.



Best Available Copy

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung und Übertragung optischer Signale insbesondere mit Gigabitraten entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Übertragung optischer Signale mit Bitraten über 1 Gbit/s über Standard-Single-Mode-Fasern (SSMF) wird die maximale Reichweite durch die Dispersion von etwa 17 ps/km auf Werte von etwa 60 km bei Signalen in NRZ-Format begrenzt. Auch bei Erzeugung besonders hoher optischer Leistungen größer 0 dBm ist diese Reichweite nicht wesentlich zu erhöhen, da dann zusätzlich die Selbstphasenmodulation wirksam wird, die zu einer weiteren Verzerrung der optischen Signalimpulse führt.

Durch eine Reihe von aufwendigen Verfahren, beispielsweise der Übertragung in Duobinärkode oder der Kompensation der Dispersion mit geeigneten dispersionsverschobenen Fasern sind Reichweiten über 200 km erreichbar. Im Hinblick auf den dabei verwendeten Aufwand hat sich bisher keines dieser Verfahren in der Praxis durchgesetzt.

Aufgabe der Erfindung ist also, ein Verfahren zur optischen Signalübertragung der eingangs erwähnten Art zu finden, das bei vergleichsweise geringem Aufwand auch für optische Signale mit Bitraten im Bereich von einigen Gbit/s einsetzbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, daß durch die Merkmale des Kennzeichens des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist. Das erfindungsgemäße Verfahren basiert dabei auf der Erkenntnis, daß es mittels einer nichtlinearen Kennlinie möglich ist, das elektrische Modulationssignal so zu verformen, daß ein Sendesignal mit einer Kurvenform entsteht, aus dem die Kombination von Selbstphasenmodulation und Dispersion entlang der Strecke am Eingang des Empfängers das gewünschte Signal erzeugen.

Zweckmäßige Ausbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung soll im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Dabei zeigt:

Fig. 1 das Prinzipschaltbild der Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke mit Sender und Empfänger,

Fig. 2 Signale mit einer Bitrate von etwa 5 Gbit/s im Sender der Übertragungsstrecke,

Fig. 3 das optische Signal nach einer Faserstrecke von etwa 100 km,

Fig. 4 das optische Signal am Empfänger nach etwa 210 km,

Fig. 5 das elektrische Signal im Empfänger nach der Demodulation und

Fig. 6 das elektrische Signal am Datenausgang des Empfängers.

In der Fig. 1 ist der optische Sender TM über eine Lichtwellenleiterstrecke LWL mit dem optischen Empfänger REC verbunden. Der optische Sender TM erhält an seinem Dateneingang DE die zu übertragenden digitalen Signale mit einer Bitrate von z. B. 5 Gbit/s, die einem elektrischen Modulator EMOD zugeführt wird, der außerdem von einem 5 GHz Oszillator OS das zu modulierende elektrische Trägersignal erhält. Der elektrische Modulator EMOD gibt ein entsprechend modulierte Ausgangssignal über einen Baustein NL mit nichtlinearer Kennlinie an den elektrischen Eingang eines Mach-Zehnder-Modulator MZM ab. Zusätzlich

speist eine Laserdiode LD ein kontinuierliches optisches Signal in den Mach-Zehnder-Modulator MZM ein, der ein modulierte optisches Signal über einen optischen Verstärker EDFA an die für die Übertragung vorgesehene Lichtwellenleiterstrecke LWL abgibt. Als optischer Verstärker wird beim Ausführungsbeispiel ein bekannter erbiumdotierter Faserverstärker verwendet.

Zur Erzeugung der nichtlinearen Kennlinie dient ein Baustein NL mit einem Transistor oder einer Halbleiterdiode, deren Arbeitspunkt so eingestellt ist, daß sich eine Kennlinie ergibt, die der Begrenzerkennlinie einer Vakuumtriode entspricht.

Nach der Übertragung werden die optischen Signale von einer Photodiode PD im optischen Empfänger REC in ein elektrisches Signal umgewandelt, das nach Verstärkung im Photostromverstärker PV einem Demodulator DEMOD zugeführt wird. Da für die Übertragung ein differentieller Phasensprung-Code (DPSK-Code) gewählt wurde, ist empfangsseitig ein entsprechender Demodulator bzw. Decodierer vorgesehen, der sein Ausgangssignal über einen Tiefpaß TP an den Datenausgang DA des optischen Empfängers REC abgibt. Da sowohl die optische Leistung als auch die Signalform des optischen Senders vergleichsweise genau einzuhalten sind, ist bei einer Weiterbildung der Erfindung eine Regeleinrichtung REG vorgesehen, die ein Ausgangssignal des Demodulators DEMOD des optischen Empfängers REC auswertet und ein entsprechendes Steuersignal über eine in Gegenrichtung betriebene Lichtwellenleiterstrecke an den optischen Verstärker EDFA und den elektrischen Modulator EMOD des optischen Senders TM zurücksendet.

Die Funktion der Schaltung nach Fig. 1 soll im folgenden anhand der Impulsdigramme nach den Fig. 2 bis 6 weiter erläutert werden. Diese Figuren zeigen jeweils relative Amplituden in Abhängigkeit von der Zeit.

In Fig. 2 sind die Verläufe für das Ausgangssignal AEM des elektrischen Modulators EMOD und das Ausgangssignal AMZM des Mach-Zehnder-Modulators dargestellt. Es ist erkennbar, daß das Ausgangssignal AMZM des Mach-Zehnder-Modulators einen vergleichsweise geringen Wechselanteil aufweist, während der Gleichlichtanteil vergleichsweise sehr hoch ist. Der Wechselanteil entsteht dabei dadurch, daß das Ausgangssignal AEM des elektrischen Modulators EMOD im Baustein NL verformt wird. Die Übertragungskennlinie dieses Bausteins NL entspricht dabei der Begrenzerkennlinie einer Vakuumtriode. Der Baustein wurde mittels eines Transistors realisiert, dessen Arbeitspunkt entsprechend eingestellt war, eine Realisation mittels einer Halbleiterdiode mit entsprechendem Arbeitspunkt ist ebenfalls möglich. Die Arbeitskennlinie des Bausteins eines NL ergab sich dabei dadurch, daß das Ausgangssignal AMZM des Mach-Zehnder-Modulators eine bestimmte Form aufweisen muß, damit nach der Verformung über die Übertragungsstrecke am Empfänger eingang das gewünschte Signal im DPSK-Code auftritt. An das Eingangssignal der Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke werden dabei nicht nur bestimmte Ansprüche hinsichtlich der Form sondern auch der Amplitude gestellt. Die Amplitude ist durch den erbiumdotierten Faserverstärker so eingestellt, daß eine bestimmte hohe optische Leistung an die Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke abgegeben wird. Durch diese hohe optische Leistung treten während der ersten 20 km in der Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke nicht-lineare Effekte auf, die zu einer Selbstphasenmodulation führen.

Das in der Fig. 3 dargestellte optische Signal LS der

Lichtwellenleiterstrecke zeigt die Wirkung der Selbstphasenmodulation und der Dispersion nach einer Lichtwellenleiterstrecke mit 104 km Länge, wobei die Dämpfung wie auch bei den Fig. 4 bis 6 nicht berücksichtigt ist. Die hohe optische Leistung während der ersten 20 km bewirkt eine Änderung des Brechungsindex an den Signalfanken, so daß nur dort die Selbstphasenmodulations-Effekte auftreten und die Signalfanken versteilern. Mit der Flankensteilheit läßt sich die Stärke der Selbstphasenmodulation auf den jeweils gewünschten Wert einstellen. Wie aus der Fig. 3 ersichtlich, bilden sich durch die Selbstphasenmodulation an den Signalfanken Höcker aus. Im Gegensatz zur Selbstphasenmodulation ist die Dispersion entlang der ganzen Lichtwellenleiterstrecke wirksam und verbreitert die Signalimpulse wieder, so daß als Ergebnis beider Effekte ein verbreiteter Impuls mit zwei Maximalamplituden entsteht.

Die Fig. 4 gibt den Verlauf des optischen Empfangssignals ES nach einer Lichtwellenleiterstrecke von etwa 210 km und die zugehörige Bitfolge wieder. Wie ersichtlich, wachsen bei kurzem Höckerabstand diese bei weiterer Übertragung wieder zusammen, während bei größerem Höckerabstand diese nur verflacht werden. Außerdem zeigt sich deutlich, daß die Signalimpulse durch die entsprechend Fig. 2 mit in den Lichtwellenleiter eingespeiste Gleichlichtleistung verstärkt werden, so daß das Verhältnis von Signallichtleistung zu Gleichlichtleistung beim Signal nach der Fig. 4 wesentlich günstiger als beim Signal nach der Fig. 2 ist. Eine Verbesserung der Reichweite bei gleicher Datenrate oder eine Erhöhung der Datenrate bei gleicher Reichweite ist durch Verwendung eines Sendesignals möglich, das absichtlich mit Chirp behaftet ist, also eine sich zeitabhängig ändernde Momentanfrequenz aufweist.

Aus dem Signal entsprechend Fig. 4 wird im Empfänger REC durch Multiplikation mit einem Träger das Signal demoduliert und ein Signalverlauf entsprechend Fig. 5 erzeugt.

Aus dem Signal entsprechend Fig. 5 wird durch Filterung in einem Tiefpaß TP ein Signal entsprechend Fig. 6 erzeugt, das der ursprünglichen Bitfolge BITF im NRZ-Format entspricht und bei dem die Nulllinie die Detektorschwelle ist. Es zeigt sich dabei, daß alle Vorteile der differentiellen Phasensprungmodulation (DPSK), also hohe Empfindlichkeit durch kohärente Demodulation mit großem Träger, leichte Taktrückgewinnung und Wechselstromkopplung beim erfindungsgemäßen Verfahren wirksam sind. Weiterhin zeigt sich, daß trotz der nur geringen Ansteuerung des Mach-Zehnder-Interferometers als optische Modulator dennoch große Entfernungen überbrückt werden und große Signalamplituden erreichbar sind, da die Gleichlichtleistung der Signale entlang der Strecke durch Selbstphasenmodulation und Dispersion in Signalleistung verwandelt wird.

(LWL) eine solche Signalleistung aufweist, daß sich während des Durchlaufes der Signale an deren Signalfanken Änderungen des Brechungsindex des Lichtwellenleiters und damit Verformungen der optischen Impulse in der Weise ergeben, daß deren Signalfanken versteilert werden und am Ende der Übertragungsstrecke (LWL) die gewünschte Form aufweisen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Übertragungssignal in differentieller Phasensprungmodulation (DPSK) vorliegt.

3. Verfahren nach Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verformung des elektrischen Übertragungssignals an einer nichtlinearen Kennlinie erfolgt, deren Form der Begrenzerkennlinie einer Vakuumtriode entspricht.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulation des kohärenten optischen Signals mittels eines Mach-Zehnder-Interferometers (MZI) erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Signallichtleistung am Anfang der Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke mittels eines erbiumdotierten Faserverstärkers (EDFA) erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende der Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke (LWL) in einem Empfänger (REC) nach opto-elektrischer Wandlung eine Demodulation der elektrischen Eingangssignale durch Multiplikation mit einem Träger erfolgt und anschließend die demodulierten Signale tiefpaßgefiltert werden.

7. Verfahren nach Ansprüchen 1, 3, 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von der Amplitude des demodulierten Empfangssignals sendeseitig eine Regelung (REG) der elektrischen Modulation und/oder der Verformung des Übertragungssignals und/oder der Signalleistung des Eingangssignals der Lichtwellenleiterstrecke erfolgt.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Sendesignale absichtlich einen Chirp aufweisen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung und Übertragung optischer Signale insbesondere mit Gigabitraten, bei dem ein elektrisches Signal ein kohärentes optisches Signal moduliert, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Signal vor der Modulation des optischen Signals einer Verformung an einer nichtlinearen Kennlinie (NL) unterworfen wird, daß das modulierte optische Signal bei der Einspeisung in die Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecke

Best Available Copy

- Leerseite -

FIG 2

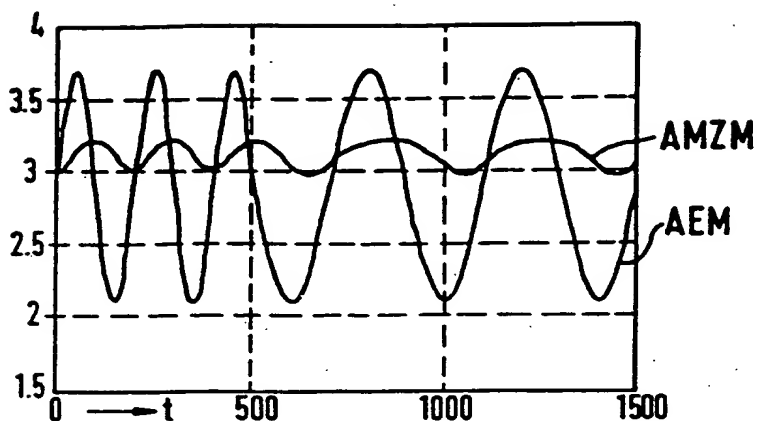


FIG 3

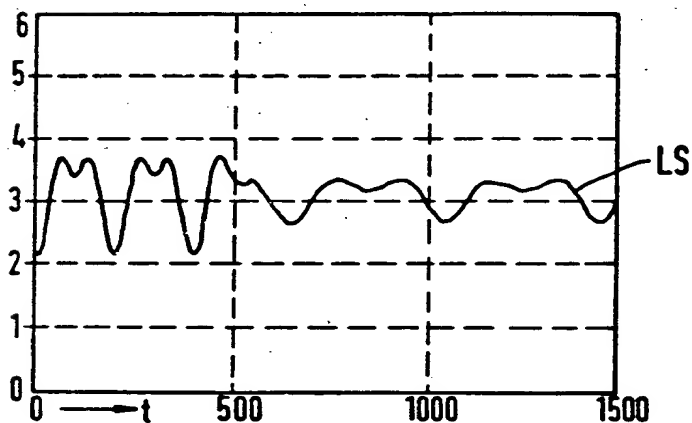
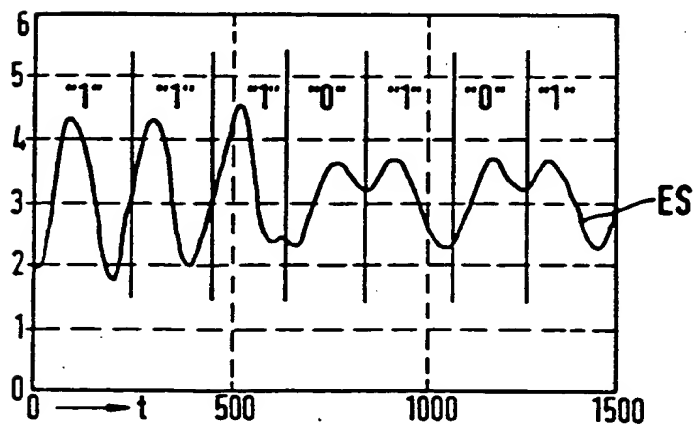


FIG 4



Best Available Copy

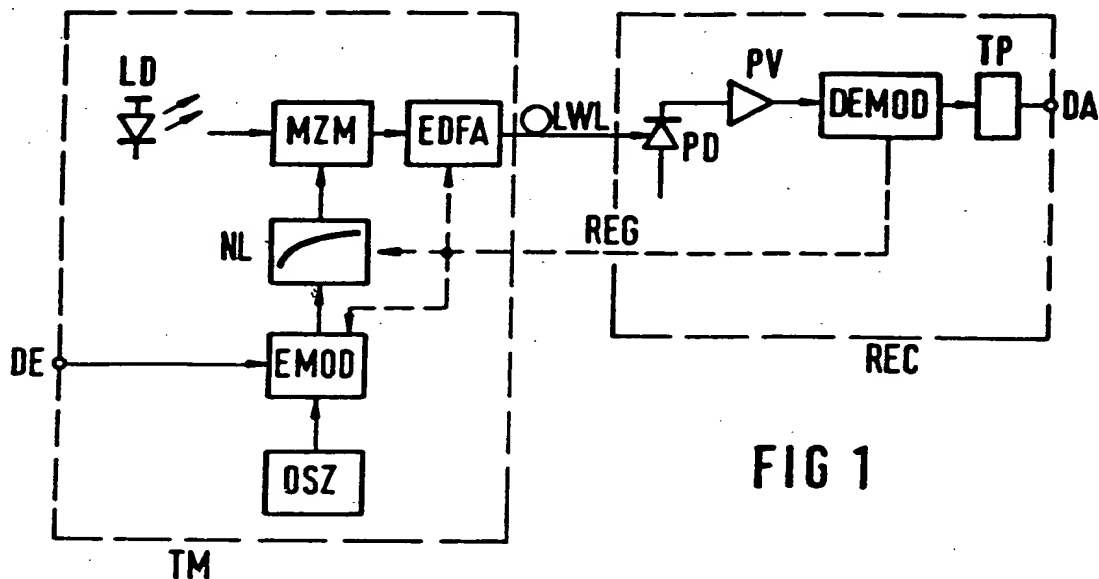


FIG 5

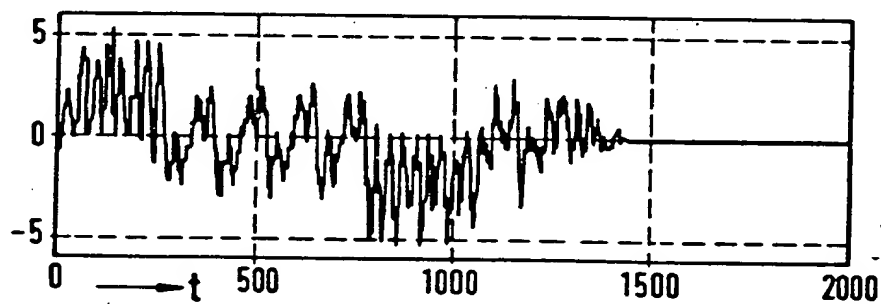


FIG 6

